7Ф

УДК 519.682.5

П.І. Федорук
Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника,
м. Івано-Франківськ, Україна
pavlo@pu.if.ua

Технологія побудови навчального процесу в адаптивних системах дистанційного навчання та контролю знань

У статті розглянуто запропоновану технологію побудови навчального процесу в адаптивній системі дистанційного навчання і контролю знань. Технологія базується на використанні математичного апарату нечітких множин та теорії матриць і дозволяє забезпечити автоматичне формування індивідуального навчального матеріалу з врахуванням індивідуальних особливостей, навичок і здібностей студента, визначення моменту його готовності до переходу на більш складний рівень матеріалу, відображення взаємозв'язків між різноманітними показниками функціонування, якістю виконання завдань і результатом тестування.

Вступ

З розвитком дистанційного навчання як форми організації навчального процесу, особливістю якого є надання студентам можливості самостійно отримувати необхідні знання, користуючись розвинутими інформаційними ресурсами, що забезпечуються сучасними інформаційними технологіями, постає проблема адаптації дистанційного навчання до студента і створення адаптивного навчання. Адаптивна система дистанційного навчання з використанням інформаційних технологій має ряд переваг [1]:

– дає студентам широкі можливості вільного вибору власної стратегії і тактики навчання;
– сприяє індивідуалізації навчальної діяльності (диференціація темпу навчання, складності навчальних завдань тощо);
– дозволяє зменшити непродуктивні витрати праці викладача, що в цьому випадку перетворюється на технолога сучасного навчального процесу, в якому провідна роль виділяється не стільки й не тільки навчальній діяльності педагога, скільки навчанню самих студентів;
– дозволяє як студентові, так і викладачеві мати оперативні зворотні зв'язки в процесі навчання;
– сприяє розвитку в студентів продуктивних, творчих функцій мислення, росту інтелектуальних здібностей, формуванню операційного стилю мислення;
– гарантує безперервний зв'язок у відносинах «викладач – студент»;
– дозволяє використовувати диференційований підхід до студентів.

Підхід, який базується на визнанні того факту, що в різних студентів є свій власний попередній досвід і рівень знань, тому що кожен студент приходить до процесу оволодіння новими знаннями зі своїм власним інтелектуальним багажем, який визначає ступінь розуміння ним нового матеріалу і його інтерпретацію, тобто здійснюється поворот від оволодіння всіма студентами загальним навчальним матеріалом до оволодіння різними студентами «індивідуальним» навчальним матеріалом. Створення такої системи передбачає побудову навчального процесу з використанням механізмів навчально-контролюючого адаптивного тестування.

Математична модель побудови навчальних тестів

А. Весь теоретичний матеріал даного курсу розбиваємо на неподільні *кванти знань* (аксіоми, означення, твердження, теореми тощо, нумеруючи їх, тобто будуємо множину квантів $K = \{k_1, k_2, \ldots, k_m\}$ даного навчального курсу [1].

Б. Кожне тестове завдання більшою чи меншою мірою пов'язане з тим чи іншим квантом знань множини K. Ступінь залежності z_i-го тестового завдання від k_j-го кванта знань характеризуватимемо числом $\mu_{ij} \in [0,1]$. Якщо $\mu_{ij} = 0$, то тестове завдання z_i зовсім не пов'язане з квантом знань k_j. Якщо ж $\mu_{ij} = 1$, то тестове завдання z_i пов'язане лише з єдиним квантом знань k_j. Той факт, що завдання z_i пов'язане з квантом знань k_j зі ступенем залежності μ_{ij}, записуватимемо у вигляді ступеня $k_j^{\mu_{ij}}$. Таким чином, тестовому завданню z_i можна поставити у відповідність **нечітку характеристичну множину залежності**

$$Z_i = \left\{k_1^{\mu_{i1}}, k_2^{\mu_{i2}}, \ldots, k_m^{\mu_{im}}\right\}, \mu_{ij} \geq 0, i = 1,2,\ldots,n, \tag{1}$$

причому далі вважатимемо, що $\sum_{j=1}^{m} \mu_{ij} = 1$ [2]. Нечітка множина Z_i характеризує необхідну теоретичну підготовку студента для розв'язання тестового завдання z_i. При такому підході видно, які кванти знань відіграють вирішальну роль при розв'язанні відповідної задачі.

Зауваження 1. Ступені μ_{ij} залежності тестового завдання $z_i, i = 1,2,\ldots,n$ від теоретичного кванта знань $k_j, j = 1,2,\ldots,m$ утворюють праву стохастичну матрицю (μ_{ij}), яку назвемо **матрицею залежності тестових завдань від теоретичного курсу** [3].

Зауваження 2. Елементи матриці залежності задовольняють рівність $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \mu_{ij} = n$.

Зауваження 3. Позаяк кожен теоретичний курс містить центральні поняття, твердження та теореми, то тестові завдання необхідно складати так, щоб на долю відповідних їм квантів знань припадали максимальні сумарні ступені залежності, тобто для центрального кванта знань k_j сума $\sum_{i=1}^{n} \mu_{ij}$ повинна бути значно більшою за відповідні суми для інших квантів знань.

Очевидним є той факт, що студент не зможе розв'язати окреме тестове завдання, пов'язане з деяким квантом знань, про який у студента немає ніяких відомостей.

Зауваження 4. Для теоретичних курсів гуманітарного циклу, з однорідними за важливістю квантами інформації, можна складати двічі стохастичні матриці залежності тестових завдань, для яких одночасно виконуються рівності $\sum_{j=1}^{m} \mu_{ij} = 1$, $\sum_{i=1}^{n} \mu_{ij} = 1$.

Зауваження 5. Володіння всіма квантами інформації даного теоретичного курсу є необхідною умовою успішного вирішення всіх тестових завдань. Однак недостатньою. Це більшою мірою стосується теоретичних курсів природничого циклу, в яких окремі кванти знань повязані між собою складною системою логічних звязків, та меншою мірою – предметів гуманітарного циклу. Розв'язування тестових завдань предметів природничого циклу, крім усього іншого, вимагає доброго володіння логічними правилами умовиводу: силогізму, modus ponens, modus tollens тощо.

Зауваження 6. Перерізи нечітких множин, що відповідають різним тестовим завданням, не зобов'язані бути порожньою множиною.

Математична модель аналізу ступеня засвоєння теоретичного курсу

А. Нехай із множини всіх тестових завдань $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ деякого теоретичного курсу розв’язано лише завдання множини $R = \left\{z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_r}\right\}$, якій відповідають характеристичні нечіткі множини $Z_{i_t} = \left\{k_1^{\mu_{i_t 1}}, k_2^{\mu_{i_t 2}}, \dots, k_m^{\mu_{i_t m}}\right\}$, $\mu_{i_t j} \geq 0, t = 1,2,\dots,r$. Далі вважатимемо, що множина тестових завдань R *покриває множину квантів* теоретичного курсу, якщо для нечіткої множини $Z_R = \sum_{t=1}^{r} Z_{i_t} = \sum_{t=1}^{r}\left\{k_1^{\mu_{i_t 1}}, k_2^{\mu_{i_t 2}}, \dots, k_m^{\mu_{i_t m}}\right\} = \left\{k_1^{\tau_1}, k_2^{\tau_2}, \dots, k_m^{\tau_m}\right\}$ виконуються нерівності: $\sum_{t=1}^{r} \mu_{i_t j} = \tau_j > 0,\ j = 1,2,\dots,m$.

Б. Вважатимемо, що студент засвоїв теоретичну і практичну частини курсу, якщо ним розв’язано принаймні частину тестових завдань, яка покриває всю множину квантів, причому сумарний ступінь залежності розв’язаних завдань від теоретичних квантів всього теоретичного курсу не менший за $\frac{n}{2}$.

В. Після кожного тестування, в разі незасвоєння теоретичної та практичної частини курсу, завжди є можливість проаналізувати, які кванти знань не засвоєні студентом. З цією метою слід проаналізувати різницю $Z_R - Z_{\overline{R}}$, де $\overline{R}$ – доповнення множини R до множини Z, тобто множина не розв’язаних студентом тестів. Кожному нерозв’язаному завданню також відповідає нечітка характеристична множина, а всій множині нерозв’язаних завдань – нечітка множина $Z_{\overline{R}} = \left\{k_1^{\lambda_1}, k_2^{\lambda_2}, \dots, k_m^{\lambda_m}\right\}$. Отже, маємо рівність

$$Z_R - Z_{\overline{R}} = \left\{k_1^{\tau_1}, k_2^{\tau_2}, \dots, k_m^{\tau_m}\right\} - \left\{k_1^{\lambda_1}, k_2^{\lambda_2}, \dots, k_m^{\lambda_m}\right\} = \left\{k_1^{\tau_1 - \lambda_1}, k_2^{\tau_2 - \lambda_2}, \dots, k_m^{\tau_m - \lambda_m}\right\},$$

з якої видно, що кванти знань із додатними ступенями залежності студентом засвоєні, а кванти знань із від’ємними чи нульовими ступенями залежності необхідно студенту повторити. При цьому особливу увагу слід приділити тим квантам інформації, модулі від’ємних ступенів яких найбільші. Після чергового цільового ознайомлення з певними квантами теоретичного матеріалу тестування можна повторити.

Побудова алгоритму навчального процесу

Після того, як кілька варіантів навчальних тестів однакової ваги складено, можна розпочинати навчальний процес. Якщо результати тестування свідчать про те, що студент не засвоїв теоретичну і практичну частини курсу, то йому пропонується ознайомлення з потрібними квантами теоретичного матеріалу, після чого знову пропонується тестування. Навчальний процес зупиняється лише тоді, коли студент засвоїть теоретичну та практичну частини даного курсу.

Таким чином, алгоритм навчального процесу складається з наступних пунктів:

П. 1. На основі кількох різних варіантів навчальних тестів однакового рівня складності задаються відповідні їм матриці залежності.

П. 2. За допомогою генератора випадкових чисел вибирається один із варіантів тестових завдань (одна з матриць залежності) для тестування ступеня засвоєння теоретичної та практичної частини курсу.

П. 3. Проводимо тестування за обраним у п. 2 тестом та отримуємо множину R, а заразом і множину $\overline{R}$.

П. 4. Використовуючи вибрану у п. 2 матрицю залежності та отримані у п. 3. множини R і $\overline{R}$, будуємо нечітку множину $Z_R - Z_{\overline{R}}$ та аналізуємо її (див. 2В).

П. 5. Якщо студент не засвоїв теоретичну та практичну частини курсу, то повертаємося до п. 2.

П. 6. Подаємо на вихід алгоритму ступінь засвоєння студентом даного курсу, показником якого служить число $\sum_{t=1}^{r}\sum_{j=1}^{m}\mu_{i_t j} = \sum_{j=1}^{m}\tau_j$ (натуральне число з відрізка $\left[\frac{n}{2}, n\right]$) та зупиняємо процес навчання.

Висновок

Запропонована технологія побудови навчального процесу в адаптивній системі дистанційного навчання і контролю знань, яка базується на використанні математичного апарату нечітких множин та теорії матриць, дозволяє забезпечити автоматичне формування індивідуального навчального матеріалу способом, який створює найбільш сприятливі умови його засвоєння студентами. Запропонована технологія дозволяє забезпечити формування блоків навчального матеріалу в системі дистанційного навчання з врахуванням індивідуальних особливостей, навичок і здібностей студентів, визначення моменту його готовності для переходу на більш складний рівень матеріалу, відображення взаємозв'язків між різноманітними показниками функціонування, якістю виконання завдань і результатом тестування.

Література

1. Федорук П.І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Інтернет-технологій: монографія / Федорук П.І. – Івано-Франківськ : Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. – 326 с.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets / L.A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – № 3. – P. 338-353.
3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Гантмахер Ф.Р. – [Издание 5-е]. – М. : Физматлит, 2004. – 560 с.

П.И. Федорук

Технология построения учебного процесса в адаптивных системах дистанционного обучения и контроля знаний

В статье рассматривается предложенная технология построения учебного процесса в адаптивных системах дистанционного обучения и контроля знаний. Технология базируется на использовании аппарата нечётких множеств и теории матриц и позволяет обеспечить автоматическое формирование индивидуального учебного материала с учётом индивидуальных особенностей, навыков и способностей студентов, определения момента его готовности для перехода на более сложный уровень материала, отображения взаимосвязей между разнообразными показателями функционирования, качеством выполненных заданий и результатом тестирования.

P.I. Fedoruk

Technology of the Learning Process Construction in the Adaptive System of Distance Training and Knowledge Control

The article deals with the proposed technology of the learning process construction in the adaptive system of distance training and knowledge control. The proposed technology is based on the use of mathematical apparatus of fuzzy sets and theory of matrices and makes it possible to secure automatic formation of individual training material taking into consideration students' individual peculiarities, skills, and abilities; determination of a student's readiness to pass to a more difficult level; representation of interconnections between various indices of functioning, quality of task performance and test results.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2009.